

УДК 666.3.017

А. В. Фелофьянова*, Н. Ю. Черкасова, Р. А. Максимов, К. А. Антропова

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

**Anna.felofyanova@mail.ru*

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук С. В. Веселов

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНАТОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

В работе исследовано влияние добавки алюмомагниевого шпинели на физические и механические характеристики оксида алюминия. Использование добавки не оказывает влияния на плотность материала, но приводит к повышению трещиностойкости в 1,5 раза.

Ключевые слова: оксид алюминия, шпинель, плотность, трещиностойкость, размер зерен

A. V. Felofyanova, N. Yu. Cherkasova, R. A. Maxomov, K. A. Antropova

INFLUENCE OF ALUMINATES ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ALUMINA CERAMICS

The effect of aluminum-magnesium spinel on the physical and mechanical characteristics of aluminum oxide is considered in the work. The density of the material does not depend on the amount of additive. The crack resistance of the material increases by 1,5 times.

Key words: alumina, spinel, density, crack resistance, grain size

Одним из материалов, используемых в современной высокотехнологичной промышленности, является керамика. Керамические материалы обладают высокими показателями твердости, температуры плавления и химической инертности. Однако хрупкость керамических материалов ограничивает области ее применения. Введение добавок позволяет получать композиционные керамические материалы с высоким уровнем прочностных характеристик, что в свою очередь дает возможность использовать их в новых приложениях.

Алюминаты представляют собой кристаллические вещества, построенные из катионов металла и полимерных анионов, состоящих из кислородоалюминиевых тетраэдров, которые соединены общими вершинами [1]. Алюминатные керамические материалы обычно кристаллизуются в кубических кристаллических системах, таких как шпинель и гранат [2].

Алюомагниева шпинель представляет большой интерес в научной и промышленной областях благодаря сочетанию своих физико-химических характеристик.

Формирование алюомагниевой шпинели по границам зерен оксида алюминия при его реакции с оксидом магния приводит к сдерживанию роста зерна матричного Al_2O_3 , что подтверждено многими авторами в разные годы [3–5]. Целью работы стало исследование алюомагниевой шпинели на физические и механические характеристики оксида алюминия.

В качестве исходного керамического сырья был выбран порошок Al_2O_3 фирмы Almatiss CT3000 SG. В качестве добавки использовали предварительно подготовленную по технологии [6] шпинель $MgAl_2O_4$. Диспергирование смеси исходных компонентов производили в шаровой мельнице в водной среде в течение 24 часов. Гранулирование осуществляли путем лиофильной сушки [7]. Формование гранулированных порошков производили на установке INSTRON 3369 по технологии осевого прессования при давлении 100 МПа. Определение гидростатической плотности осуществляли в соответствии с ГОСТ 2409–2014 [8]. Анализ трещиностойкости по методу индентирования проводили на твердомере ТП модели № 3534 алмазной четырехгранной пирамидкой Виккерса при нагрузке 5 кг. Расчеты производили по формуле [9]. Оценку структуры керамических шлифов производили на растровом электронном микроскопе CarlZeiss EVO 50. Анализ размера зерна осуществляли при помощи программы JMicroVision 1.2.7.

Результаты исследований представлены в табл.

Таблица

Характеристики исследуемых материалов

Количество добавки $MgAl_2O_4$ к Al_2O_3 в вес. %	Плотность спечен., г/см ³	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	Размер зерен		
			$D_{\text{макс}}$, мкм	$D_{\text{мин}}$, мкм	$D_{\text{сред}}$, мкм
0	$3,90 \pm 0,01$	$2,1 \pm 0,5$	$3,85 \pm 0,05$	$0,35 \pm 0,05$	$1,65 \pm 0,05$
0,7	$3,91 \pm 0,01$	$2,9 \pm 0,5$	$3,60 \pm 0,05$	$0,40 \pm 0,05$	$1,55 \pm 0,05$

Окончание табл.

Количество добавки MgAl_2O_4 к Al_2O_3 в вес. %	Плотность спечен., г/см ³	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	Размер зерен		
			$D_{\text{макс}}$, мкм	$D_{\text{мин}}$, мкм	$D_{\text{сред}}$, мкм
1,1	$3,90 \pm 0,01$	$2,9 \pm 0,5$	$3,80 \pm 0,05$	$0,55 \pm 0,05$	$1,70 \pm 0,05$
1,4	$3,90 \pm 0,01$	$3,0 \pm 0,5$	$3,70 \pm 0,05$	$0,70 \pm 0,05$	$1,60 \pm 0,05$
2	$3,89 \pm 0,01$	$2,3 \pm 0,5$	$3,65 \pm 0,05$	$0,60 \pm 0,05$	$1,70 \pm 0,05$

В ходе проведенных исследований установлено, что добавка не оказывает значительного влияния на плотность материала. При этом трещиностойкость для материала с 1,4 % MgAl_2O_4 повышается в 1,5 раза в сравнении с чистым Al_2O_3 . Несмотря на увеличение минимального и среднего размера зерен, происходит уменьшение максимального размера зерен, а также уменьшение количества аномально крупных зерен. Более равномерное распределение по размерам зерен в микроструктуре материала позволяет повысить его механические характеристики.

Исследование выполнено в ЦКП «Структура, механические и физические свойства материалов» НГТУ по гранту при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 183301239.

Литература

1. Еремин В. В., Кузьменко Н. Е., Дроздов А. А. Химия. Углубленный уровень. 11 класс. М.: Графа, 2019. 480 с.
2. Shackelford J. F., Doremus R. H. Ceramic and glass materials: structure, properties and processing. Springer, 2008. 209 p.
3. Heuer A. H. The role of MgO in the sintering of alumina // Journal of the American Ceramic Society. 1979. V. 62, № 5–6. P. 317–318.
4. Radonjić L., Srdić V. Effect of magnesia on the densification behavior and grain growth of nucleated gel alumina // Materials chemistry and physics. 1997. V. 47, № 1. P. 78–84.
5. Effect of MgO on Phase Compositions and Properties of Al_2O_3 – MgAl_2O_4 Composite—A Prospective Man-Made Ledge Material / J. H. Liu [et al.] // Transactions of the Indian Ceramic Society. 2016. V. 75, № 2. P. 108–111.
6. Способ получения керамики : пат. 2571876 Рос. Федерация: МПК С 04 В 35/111, С 04 В 35/626 / Батаев В. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО НГТУ. № 2014151238/03; заявл. 18.12.14; опубл. 27.12.15, Бюл. № 36. 6 с.

7. Adolfsson E., Shen Z. Effects of granule density on strength and granule related defects in zirconia // Journal of the European Ceramic Society. 2012. V. 32, №. 11. P. 2653–2659.

8. ГОСТ 2409–2014. Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения. М. : Стандарт-информ, 2014. 20 с.

9. Evans A. G., Charles E. A. Fracture toughness determinations by indentation // Journal of the American Ceramic society. 1976. V. 59, № 7–8. P. 371–372.